

II-406

マイクロ波散乱の多入射角計測による地表 面粗度推定の可能性

東京大学 大学院

学生会員 三枝 修平

東京大学 生産技術研究所

正会員

仲江川 敏之

沖 大幹

虫明 功臣

1. はじめに

マイクロ波散乱計搭載人工衛星から得られる後方散乱係数は表層土壌水分量と結び付けることが可能であり、広域土壌水分量を計測する手段としての期待が大きく、当研究室でも理論的検討、検証実験を行なってきた[沖ほか, 1995]。その中で後方散乱係数に対する地表面粗度の効果は極めて大きく、広域土壌水分量の情報を得るには地表面粗度の面的な情報が不可欠であることが示された。一方、マイクロ波レーダ搭載衛星 RADARSAT のレーダ角は可変であり入射角を変化させることにより、一つの土壌面に対し同時期に複数の情報を得ることができ、地表面粗度の推定に利用可能であると考えられる。本稿では、地表面粗度を複数の入射角での後方散乱係数の情報および土壌水分量の情報とから推定する可能性を図示的に示す。

2. マイクロ波地表面散乱理論式

マイクロ波の土壌面における散乱には土壌表面で生じる表面散乱と土壌内部まで侵入して生じる体積散乱の2つがある。後者は表層土壌の体積含水率が5%以下で支配的であるため、そのような極端な場合はここでは考えず、表面散乱のみ Ulaby ら [Ulaby et al., 1986] のマイクロ波散乱理論モデル式を利用した。このモデル式では、後方散乱係数は波長、偏波面、入射角などマイクロ波の計測システムの特性、並びに土壌の種類、地表面粗度、表層土壌の体積含水率など対象物の物理的性質に影響を受ける。表面散乱を考慮する場合、特に重要なパラメータは地表面粗度に関する2つのパラメータ、すなわち地表面高さの標準偏差(RMS Height): σ (cm) と相関距離(Correlation Length): l (cm) である。これらの粗度パラメータは用いる波長(もしくは波数 k) との相対的な大きさによって定まるので、使用する周波数が異なれば、同じ物理的性質、特性を持つ地表面でも異なる粗度パラメータとなる。理論モデル式は、これら $(k\sigma, kl)$ の組合せにより3種のものが導かれている。

式の詳細や各種パラメータに対する感度分析の結果は輪笠ら[輪笠ほか, 1995]を参照されたい。

3. 地表面粗度と後方散乱係数の関係

以下に粗度パラメータ (σ, l) に対する後方散乱係数の等値線図を図1~6に示す。

後方散乱係数の計算には RADARSAT の諸元に合わせ、偏波面HH(水平送信、水平受信)、周波数5.3(GHz)、入射角20~49度とし、土壌は成田砂、体積含水率0.20(m^3/m^3)で計算したものである。3種類の粗度について、それぞれ入射角20度、45度で行なった。図1,2、図3,4、図5,6はそれぞれ別の理論式に対応していて、空白のところは適用範囲外である。軸は波数($k=1.11$)の効果を除いた絶対粗度 (σ, l) で表示しており理論式ごとにスケールが異なるので注意を要する。

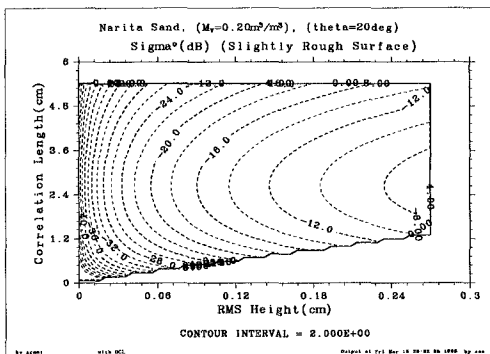


図1 少し粗い面：入射角20度

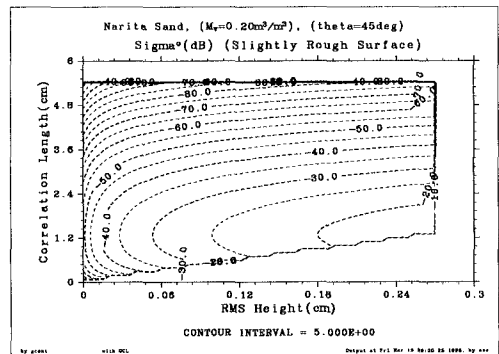


図2 少し粗い面：入射角45度

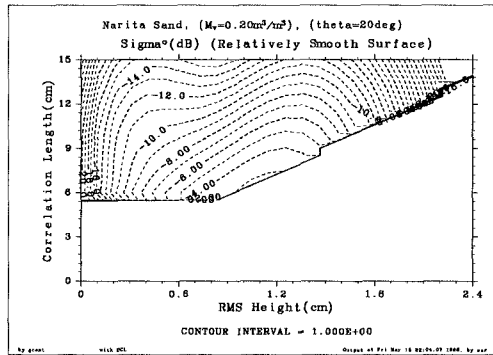


図3 比較的滑らかな面：入射角 20 度

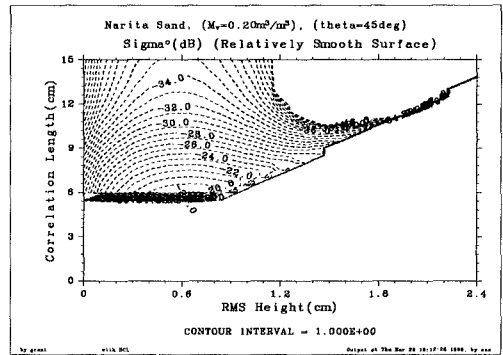


図4 比較的滑らかな面：入射角 45 度

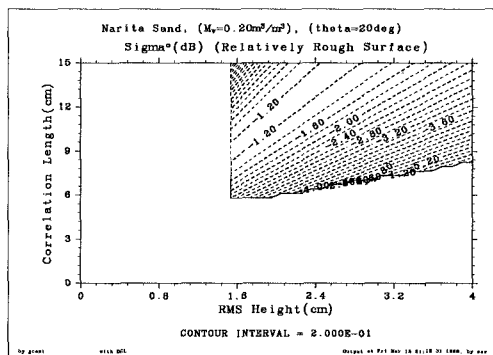


図5 比較的粗い面：入射角 20 度

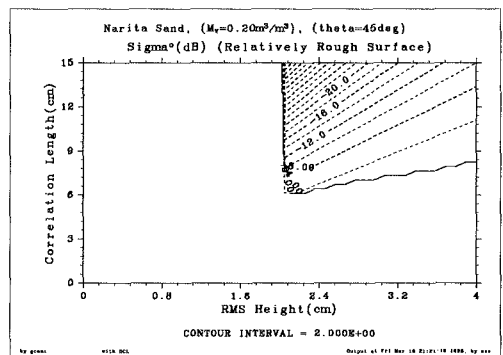


図6 比較的粗い面：入射角 45 度

入射角 20 度である図 1, 3, 5 に対し入射角 45 度である図 2, 4, 6 の方が全体的に小さい後方散乱係数値になっている。図 3 および図 4 の上右側で等値線が消えているのは、等値線が存在しないのではなく線が混雑するために省略したことによる。比較的粗い面では粗度のパラメータとして σ と l の比が用いられるので等値線は原点を通る直線群となる。以上の等値線図に後方散乱係数観測値をそれぞれの入射角について挿入すると、その値に対する表面高さの標準偏差-相関距離の曲線が形成される。現実のフィールドの地表面粗度はそれらの図を重ね合わせた場合の曲線の交点になるものと考えられる。今、入射角 20 度で後方散乱係数が -16.0、入射角 45 度で -36.0 が得られたとする。この時、地表面が少し粗いとすれば粗度は $(\sigma, l) = (0.091, 2.83)$ となり、比較的滑らかとすれば粗度は $(\sigma, l) = (0.17, 10.6), (0.71, 13.7)$ の 2 つが存在することになる。これは 2 つの入射角による後方散乱係数計測値だけでは、粗度は一意的には定まらないことを示している。

4. まとめと今後の課題

以上、異なる 2 つの入射角での後方散乱係数データと土壌水分量の情報がある場合に地表面粗度を推定することについて図的に検討を加えた。2 つの入射角だけでは粗度が一意的に定まるわけではないことが分かり、複数の後方散乱係数データを用いて粗度を推定し、最適値に絞りこんでゆくことが必要であると考えられる。

References

沖大幹, 虫明功臣, 輪笠一浩, 衛星搭載マイクロ波センサによる表層土壌水分量観測の理論式に基づいた検討, 第 50 回年次学術講演会概要集, 第 2 巻土木学会, 1995.

Ulaby, F. T., R. K. Moore, and A. K. Fung, *Microwave Remote Sensing*, Vol. III, Artech House INC., 1986.

輪笠一浩, 沖大幹, 虫明功臣, マイクロ波散乱計による土壌水分量抽出アルゴリズムの理論的検討, 水工学論文集, 第 39 巻土木学会, 1995.